第39卷 第4期 昆虫学报 Vol.39, No.4
1996年11月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Nov., 1996

烟草甲的实验生态研究

张孝羲　王明洁*
（南京农业大学　南京　210095）

摘要　在六种温度(20.3℃，23.9℃，27.7℃，32.2℃，33.7℃，35.9℃)及三种相对湿度范围(51.3%～55.0% RH，75.5%～76.0% RH，83.8%～85.0% RH)组合下，开展了对烟草甲 *Lasioderma serricorne* (F.) 实验生态的系统研究，获得其在不同温、湿度组合情况下生长发育、生存和繁殖的一系列特性和参数，包括各虫态发育历期、存活率、发育起点温度、有效积温和平均繁殖力等，并建立了发育历期、发育速率、存活率及繁殖力的理论模型。

关键词　烟草甲，发育历期，有效积温，平均繁殖力，存活率，理论模型

从国内外报道来看，储烟因虫害造成的年损失率为1%～5%，特别严重的可达50%。在储烟昆虫群落中，烟草甲 *Lasioderma serricorne* (F.)为常见种和优势种，是储烟中最重要的害虫。

Howe (1957)[1] 的一篇综述涉及烟草甲形态、为害对象、生物学和地理分布等方面。Niiho(1984)[2] 进行了用面包屑饲喂的烟草甲的生物学研究，记述了烟草甲的发育起点温度、有效积温以及幼虫头壳的发育随温度变化而变化的情况。胡培益(1984)[3] 对烟草甲生物学进行了初步研究。至今对烟草甲种群的发育、生存和繁殖的有关参数或模型等尚无系统的研究，本文对烟草甲实验种群在不同温、湿度组合下进行种群基本参数的测定，并进行理论模型研究工作，为今后烟草甲种群的系统管理模型研究提供理论依据。

1　材料和方法

1.1　供试虫源

虫源系采自南京烟叶仓库，并在实验室30℃，76% RH 情况下饲养了三代，饲养光照周期16L:8D。

1.2　人工饲料

用高活性干酵母与麸皮(过40目筛)按1:10比例配制人工饲料。

* 现在南京经济学院工作，邮编　210003
1994-09-13收稿，1995-06-28收修改稿

1.3 光照

低温温箱内用 20 W 日光灯照明，电热恒温箱内用 2 支 8 W 日光灯照明，光照周期用音片定时针控制，光照选用 16L: 8D 的长光照周期。

1.4 温、湿度的设置

设置了六种温度：20.3 ℃，23.9 ℃，27.7 ℃，32.2 ℃，33.7 ℃ 和 35.9 ℃，三种相对湿度范围：51.3% ~ 55.0% RH，75.5% ~ 76.0% RH，83.8% ~ 85.0% RH，共 18 个处理组合，每一组合设置 50 个重复，每一重复用一粒卵开始进行实验。除 20.3 ℃ 的温度实验是在低温温箱中进行的以外，其余的温度实验均在电热恒温箱中进行。三种相对湿度范围均是用盐饱和溶液控制的：51.3%～ 55.0% RH、75.5%～ 76.0% RH 和 83.8 %～ 85.0% RH 分别用硝酸镁($Mg(NO_3)_2$)、氯化钠(NaCl)和氯化钾(KCl)饱和溶液控制。将饱和盐溶液分别装入直径为 15 cm 的干燥器中，用以控制不同的湿度。

2 结果与分析

2.1 不同温、湿度条件下的生长发育

2.1.1 不同温、湿度条件下各虫态的发育历期

表 1 表示在三种相对湿度范围和六种温度组合情况下，各虫态的发育期。方差分析结果表明，温度对卵期、幼虫期、蛹期、成虫期及整个世代历期均有极显著影响；相对湿度对成虫发育期的影响极显著，对卵期和幼虫期的影响显著，但对蛹期及整个世代的影响不显著。在 35.9 ℃ 条件下，相对湿度为 51.3% ~ 55.0%时幼虫不能存活，在相对湿度为 75.5% ~ 76.0% 和 83.8 %～ 85.0% 时，虽有部分幼虫可化蛹或发育到成虫，但成虫均不能产卵。

表 1 分析了各虫态及整个世代发育历期与相对湿度间的相关关系。卵期及幼虫期的发育期均与相对湿度呈负相关，用新复极差测验比较表明，83.8% ~ 85.0% RH 与 75.5% ~ 76.0%RH 之间发育期无显著差异，但与 51.3% ~ 55.0% RH 之间有显著差异。蛹及整个世代也有负相关趋势，但不显著。至于成虫期与相对湿度均表现出正相关，这与 Howe(1957) 记述的低湿缩短成虫寿命是一致的[1]。新复极差测验表明，75.5% ~ 76.0% RH与 83.8% ~ 85.0% RH 成虫发育期无显著差异，但它们与 51.3% ~ 55.0% RH 的差异极显著。

2.1.2 三种相对湿度情况下各虫态发育起点温度及有效积温

用李典谟(1986)[4] 提出的直接最优法计算各虫态的发育起点温度(C)及有效积温(K)：

$$C=\left(\sum_{i=1}^{n} T_i N_i^2-\overline{N}\sum_{i=1}^{n} N_i T_i\right) \Big/ \left(\sum_{i=1}^{n} N_i^2-n\overline{N}^2\right)$$

其中 $\overline{N}=1/n\sum_{i=1}^{n} N_i$； $K=N_i(T_i-C)$；N_i 为发育历期；C 为发育起点温度；T 为环境平均温度；K 为有效积温。各虫态计算结果见表 2。

表 1　各虫态及世代的发育期(d)

		20.3 ℃	23.9 ℃	27.7 ℃	32.2 ℃	33.7 ℃	35.9 ℃	各相对湿度发育期平均数	差异显著性 0.05	差异显著性 0.01
卵[1]	83.8% ～ 85.0% RH	15.85±0.88	10.45±0.55	6.24±0.94	5.02±0.14	5.11±0.31	6.29±0.72	8.1587	*b*	*A*
	75.5 %～ 76.0% RH	14.85±0.84	11.06±0.25	6.52±0.77	5.24±0.60	5.23±0.43	6.48±0.77	8.2316	*b*	*A*
	51.3% ～ 55.0% RH	16.70±1.39	11.18±0.45	6.86±0.35	5.13±0.34	5.84±0.47	8.63±0.93	9.0569	*a*	*A*
	r	−0.6551	−0.8212	−0.9828	−0.2905	−0.9922	−0.9781			
幼虫[2]	83.3% ～ 85.0% RH	54.72±17.14	33.57±6.67	21.74±3.52	18.83±1.59	15.63±0.61	45.25±19.14	28.8980	*b*	*B*
	75.5% ～ 76.0% RH	59.00±11.22	35.52±8.03	21.94±4.40	17.79±1.56	15.18±0.87	32.63±11.28	29.8850	*b*	*B*
	51.3% ～ 55.0% RH	69.65±17.39	36.74±3.54	24.48±3.78	24.32±3.45	21.04±1.47		35.2466	*a*	*A*
	r	−0.9999	−0.9324	−0.9758	−0.9070	−0.9374				
蛹[3]	83.8% ～ 85.0% RH	12.95±0.98	7.24±0.44	4.70±0.59	3.76±0.59	3.98±0.39	3.00±1.00			
	75.5% ～ 76.0% RH	12.56±0.67	7.69±0.95	4.77±0.50	3.90±0.49	4.15±0.36	5.00±0.61			
	51.3% ～ 55.0% RH	13.03±0.95	7.36±0.49	4.85±0.71	4.03±0.48	4.04±0.35				
成虫[4]	83.8% ～ 85.0 % RH	31.17±4.36	24.81±3.36	17.07±3.35	14.94±2.24	10.53±3.17	19.00±1.73	19.70	*a*	*A*
	75.5% ～ 76.0 % RH	30.14±8.03	24.41±3.27	16.24±2.85	13.38±2.06	12.00±2.65	17.54±7.58	19.23	*a*	*A*
	51.3% ～ 55.0% RH	27.28±9.79	22.65±3.25	13.93±1.59	11.68±1.61	10.84±1.64		17.28	*b*	*B*
	r	0.9996	0.9938	0.9996	0.9774	0.0378				
世代[5]	83.8% ～ 85.0% RH	107.00±6.60	75.90±7.39	49.27±4.44	42.66±2.91	35.07±3.43	79.67±20.11			
	75.5% ～ 76.0% RH	114.60±7.07	77.97±7.20	49.84±4.96	40.82±3.43	36.46±2.87	57.08±9.12			
	51.3% ～ 55.0% RH	128.40±18.31	77.35±4.15	49.77±4.70	45.10±3.92	41.04±2.38				

注：[1] *r* 为相对湿度与虫态发育期的相关系数；对卵期作温、湿度因素双向方差分析，温度效应：$F=175.695$，$P<0.01$，湿度效应：$F=5.099$，$P<0.05$；

[2] 在 35.9 ℃，83.8 % ～ 85.0%RH 条件下，只有 4 头幼虫发育到蛹；在 35.9 ℃，51.3% ～ 55.0% RH 条件下，无一头幼虫发育至蛹；计算各相对湿度发育期平均数时，不包括 35.9 ℃ 的值，成虫期同；作温、湿度因素双向方差分析，温度效应：$F=135.902$，$P<0.01$，湿度效应：$F=8.159$，$P<0.05$；

[3] 在 35.9 ℃，83.8% ～ 85.0%RH 条件下，只有 3 头蛹发育到成虫；进行方差分析，温度效应：$F=1362.052$，$P<0.01$，湿度效应：$F=0.771$，$P>0.05$；

[4] 进行方差分析，温度效应：$F=240.293$，$P<0.01$，湿度效应：$F=11.079$，$P<0.01$；

[5] 在 35.9 ℃，83.8% ～ 85.0%RH 条件下，只有 3 头虫完成成虫发育；进行方差分析，温度效应：$F=160.327$，$P<0.01$，湿度效应：$F=2.633$，$P>0.05$

表2 烟草甲各虫态和一个世代的发育起点温度及有效积温

	相对湿度(%)	发育起点温度(℃)	有效积温(日度)
卵期	83.8～85.0	15.14	84.16
	75.5～76.0	14.47	92.33
	51.3～55.0	15.18	88.93
幼虫期	83.8～85.0	14.72	303.92
	75.5～76.0	15.56	282.36
	51.3～55.0	14.74	372.21
蛹期	83.8～85.0	15.63	59.72
	75.5～76.0	15.25	63.76
	51.3～55.0	15.29	64.11
成虫期	83.8～85.0	12.81	254.31
	75.5～76.0	11.96	265.87
	51.3～55.0	12.64	225.87
世代	83.8～85.0	13.55	740.39
	75.5～76.0	14.15	717.09
	51.3～55.0	14.26	758.24

Niiho(1984)[2] 用面包屑饲喂烟草甲，设置了1种相对湿度(70% RH)和5种温度(20℃，22.5℃，25℃，27.5℃，30℃)组合。经计算一代的发育起点温度为15℃，有效积温为781.9日度，与本试验测得的数值差异不大。

2.1.3 不同温、湿度条件下各虫态的发育模型

2.1.3.1 各虫态发育期及世代历期与温度的关系模拟：根据表1资料按相对湿度将温度与各虫态发育历期的关系进行理论曲线拟合，结果如下。

卵期:

83.8%～85.0% RH　$\hat{y}=87.1343-5.1441x+0.0805x^2$　($x^2=0.0165$, $P>0.05$)

75.5%～76.0% RH　$\hat{y}=75.0969-4.2961x+0.0662x^2$　($x^2=0.1285$, $P>0.05$)

51.3%～55.0% RH　$\hat{y}=101.948-6.2267x+0.1006x^2$　($x^2=0.1970$, $P>0.05$)

幼虫期:

83.8%～85.0% RH　$\hat{y}=292.7047-17.2017x+0.2679x^2$　($x^2=0.4938$, $P>0.05$)

75.5%～76.0% RH　$\hat{y}=403.8971-25.4283x+0.4174x^2$　($x^2=2.3784$, $P>0.05$)

51.3%～55.0% RH　$\hat{y}=446.312-27.904x+0.4561x^2$　($x^2=1.3190$, $P>0.05$)

蛹期:

83.8%～85.0% RH　$\hat{y}=80.2057-4.9383x+0.0795x^2$　($x^2=0.0420$, $P>0.05$)

75.5%～76.0% RH　$\hat{y}=72.0681-4.3313x+0.0687x^2$　($x^2=0.0053$, $P>0.05$)

51.3% ~ 55.0% RH $\hat{y}=79.0373-4.8441x+0.0779x^2$ ($x^2=0.0558$, $P>0.05$)

成虫期:

83.8% ~ 85.0 % RH $\hat{y}=59.3418-1.4386x$ ($x^2=0.6269$, $P>0.05$)

75.5% ~ 76.0 % RH $\hat{y}=141.6889-7.9594x+0.124x^2$ ($x^2=0.8419$, $P>0.05$)

51.3% ~ 55.0 % RH $\hat{y}=51.9842-1.2597x$ ($x^2=0.8226$, $P>0.05$)

世代:

83.8% ~ 85.0 % RH $\hat{y}=469.7202-25.5467x+0.3776x^2$ ($x^2=0.7359$, $P>0.05$)

75.5% ~ 76.0 % RH $\hat{y}=644.501-38.454x+0.6118x^2$ ($x^2=1.7175$, $P>0.05$)

51.3% ~ 55.0 % RH $\hat{y}=735.5591-44.3591x+0.7076x^2$ ($x^2=0.7466$, $P>0.05$)

以上曲线除成虫期在 83.8% ~ 85.0% RH 与 51.3% ~ 55.0% RH 为直线方程外，形式都为 $\hat{y}=a+bx+cx^2(c>0)$，这是开口向上的抛物线，表明在抛物线顶点的温度处各虫态历期最短，而在这个温度的两边，发育历期逐渐增加。以上所得曲线的 F 值大于 $F_{0.05}$ 或 $F_{0.01}$，所以，回归关系显著存在。χ^2 测验表明，以上所配曲线的理论值和实际值显著符合。

2.1.3.2 发育速率与温度的关系模拟：采用王如松、兰仲雄和丁岩钦(1982)提出的如下模型来讨论各虫态温度与发育速率之间的关系：

$$V=\frac{K}{1+\exp\left[-r(T-T_o)\right]}\left[1-\exp\left(-\frac{T-T_L}{\delta}\right)\right]\left[1-\exp\left(-\frac{T_H-T}{\delta}\right)\right]$$

其中，K 为高温下潜在的饱和发育速率，等于最适发育速率 $V(T_o)$ 的 2 倍；r 是发

表 3 发育速率与温度关系模型的六个参数

	RH (%)	K	r	T_o	T_L	δ	T_H	χ^2
卵期	83.8 ~ 85.0	0.3276	0.2020	27.6649	15.1484	2.6030	37.8089	0.00479
	75.5 ~ 76.0	0.3102	0.2045	27.5020	14.4694	2.4710	37.5598	0.01011
	51.3 ~ 55.0	0.3169	0.1985	27.6140	15.1782	2.9594	37.5190	0.00376
幼虫期	83.8 ~ 85.0	0.1164	0.2113	26.9826	14.8503	3.0816	37.1606	0.00831
	75.5 ~ 76.0	0.1209	0.2287	28.5796	15.5377	3.0557	37.0454	0.00433
	51.3 ~ 55.0	0.0710	0.2450	26.3900	14.7400	3.0100	37.5000	0.00298
蛹期	83.8 ~ 85.0	0.4106	0.2576	25.7391	15.6191	3.2259	37.3982	0.00512
	75.5 ~ 76.0	0.4443	0.1753	27.9020	15.0341	2.8413	37.8589	0.00373
	51.3 ~ 55.0	0.3933	0.2019	26.3820	15.2883	2.9168	37.6119	0.00116
成虫期	83.8 ~ 85.0	0.1514	0.1981	27.9351	12.8051	3.1451	37.3851	0.01181
	75.5 ~ 76.0	0.1682	0.2407	27.7237	11.9537	3.4205	37.2737	0.01648
	51.3 ~ 55.0	0.1693	0.1953	26.9058	12.6441	3.1057	37.0158	0.00788
世代	83.8 ~ 85.0	0.0431	0.2080	27.3100	13.5500	2.9900	37.9000	0.00145
	75.5 ~ 76.0	0.0445	0.1950	28.0000	14.1490	2.8500	37.8000	0.00070
	51.3 ~ 55.0	0.0390	0.1840	26.5000	14.2600	3.0000	37.5900	0.00046

育速率随温度变化的指数增长率；T_L、T_H 各为最低。最高临界发育温度；T_o 为最适发育温度；δ 为边界层的宽度，其相对大小反映了昆虫对极端温度的不同忍耐程度。

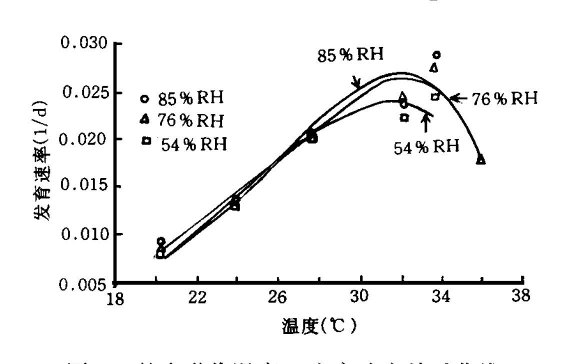


图1 整个世代温度－发育速率关系曲线

用张文军、汪世泽等(1989)提出的单纯形法求解上述模型中的六个参数，χ^2 检验表明，所有拟合的曲线理论值与实际值显著符合，见表3和图1。

表3表明，K 与 r 值随湿度及虫态的不同而不同。概括地说，各虫态及整个世代的最适温度(T_o) 为25.7℃ ～ 28.6℃，发育起点温度(T_L)为12℃ ～ 15.6℃，最高临界发育温度(T_H)为37℃ ～ 37.9℃，边界层宽度为3℃左右。

用这个模型求出的发育起点温度与前面最优法求出的发育起点温度几乎完全一致，最高临界发育温度与文献记载上的也相一致。

2.2 不同温、湿度条件下的存活情况及存活曲线的模拟

2.2.1 不同温、湿度条件下的存活情况：

分别统计和计算了六种温度及三种相对湿度范围组合情况下各虫态及世代的存活率(表4)。

表4表明，蛹期的存活率比卵期、幼虫期和世代存活率要高；高温35.9℃的存活率比其它温度的存活率要低，其中幼虫期及世代在51.3%～55.0% RH条件下存活率为0；除幼虫期和蛹期外，51.3%～55.0% RH条件下卵期和世代存活率比83.8%～85.0% RH和75.5%～76.0% RH要低。

用温、湿度两因素对存活率进行方差分析知，除蛹期外，温度对存活率的影响都是极显著的，但用直线、幂函数、指数函数、对数函数、S型曲线和二次抛物线对温度和存活率的关系进行理论曲线拟合，均不适合。相对湿度对卵期影响显著，对其它虫期和世代的影响不显著。新复极差测验表明，83.8%～85.0% RH与75.5%～76.0% RH各自的卵期存活率均值差异不显著，而它们与51.3%～55.0% RH的差异显著。

综上所述，超过35.9℃的高温和低于51% RH的低湿对该虫的存活有不利影响。

2.2.2 不同温、湿度情况下的存活曲线

Pinder等(1978)提出用威布尔频数分布(Weibull frequency distribution)作为统计模型来拟合动物和植物自然种群的存活率，模型为：

$$s_p(t) = \exp[-(t/b)^c]$$

式中 $s_p(t)$ 为年龄 t 的存活率，b 为尺度参数，c 为形状参数。

对烟草甲在四种温度(23.9℃，27.7℃，32.2℃，33.7℃)及三种相对湿度范围(83.8%～85.0% RH，75.5%～76.0% RH，51.3%～55.0% RH)组合情况下，进行威布尔存活率模型拟合，拟合结果见表5。

表 4 卵期、幼虫期、蛹期及世代的存活率(%)

	相对湿度	20.3 ℃	23.9 ℃	27.7 ℃	32.2 ℃	33.7 ℃	35.9 ℃	各相对湿度存活率平均数	差异显著性	
									0.05	0.01
卵[1]	83.8% ~ 85.0% RH	94.00	90.00	94.00	96.00	93.00	44.00	85.18	*a*	*A*
	75.5% ~ 76.0% RH	86.00	94.00	84.00	94.00	83.00	66.00	84.50	*a*	*A*
	51.3% ~ 55.0% RH	74.00	88.00	74.00	80.00	80.00	16.00	68.67	*b*	*A*
	r	0.9 925	0.5 405	0.9 719	0.9 854	0.8 581	0.7 381			
幼虫[2]	83.8% ~ 85.0% RH	93.62	75.71	82.72	81.67	88.89	18.18			
	75.5% ~ 76.0% RH	84.40	91.49	78.57	87.23	95.45	51.52			
	51.3% ~ 55.0% RH	91.89	86.36	91.89	80.35	95.92	0			
蛹[3]	83.8% ~ 85.0% RH	97.73	97.06	95.88	97.45	95.83	75.00			
	75.5% ~ 76.0% RH	97.24	95.35	95.15	94.15	97.62	76.47			
	51.3% ~ 55.0% RH	94.12	100.00	94.12	96.89	95.74	—			
世代[4]	83.8% ~ 85.0% RH	86.00	66.14	74.56	76.40	77.58	6.00			
	75.5% ~ 76.0% RH	70.58	82.00	62.80	77.20	77.35	26.00			
	51.3% ~ 55.0% RH	64.00	76.00	64.00	62.28	75.00	0.00			

[1] *r* 为相对湿度与存活率的相关系数，对卵期存活率作温、湿度因素双向方差分析，温度效应：$F=11.808$，$P<0.01$，湿度效应：$F=5.987$，$P<0.05$;

[2] 进行方差分析，温度效应：$F=14.229$，$P<0.01$，湿度效应：$F=0.779$，$P>0.05$;

[3] 进行方差分析，温度效应：$F=0.665$，$P>0.05$，湿度效应：$F=0.308$，$P>0.05$;

[4] 进行方差分析，温度效应：$F=28.115$，$P<0.01$，湿度效应：$F=2.044$，$P>0.05$

表 5 烟草甲存活率曲线参数表($s_p(t)=\exp[-(t/b)^c]$)

相对湿度(%)	参数	33.7 ℃	32.2 ℃	27.7 ℃	23.9 ℃
83.8～ 85.0	b	36.9910	49.3115	44.5234	74.6061
	c	1.8521	1.7201	2.1676	1.6985
	χ^2	1.5923	1.8952	2.7080	2.3203
75.5～ 76.0	b	40.5250	40.6140	42.1519	78.7607
	c	1.4008	1.9999	1.4852	2.9860
	χ^2	2.3229	2.4064	1.8166	2.8887
51.3～ 55.0	b	42.5578	42.8843	45.4613	74.8110
	c	1.6007	0.9854	1.1276	2.3279
	χ^2	3.5487	1.4617	2.1816	4.8077

注: 1. 对参数 b 进行温、湿度因素双向方差分析，温度效应: $F=70.88$, $P<0.01$; 湿度效应: $F=0.088$, $P>0.05$

2. 对参数 c 进行温、湿度因素双向方差分析，温度效应: $F=1.581$, $P>0.05$; 湿度效应: $F=0.868$, $P>0.05$

表 5 表明，除 32.2 ℃，51.3%～ 55.0% RH 一个组合外，各温、湿度组合的存活率曲线的 c 值均大于 1，曲线属 I 型曲线，死亡率是年龄的增函数，说明烟草甲绝大多数个体均能实现其平均寿命。从表中还可以看到，温度越低，b 值越大。在 83.8%～85.0%RH，27.7 ℃ 情况下的 c 值最大，也表明其平均寿命最长。但在相对湿度为 75.5%～ 76.0% 和 51.3%～ 55.0% 时，则以 23.9 ℃ 情况下的 c 值最大，说明此时平均寿命最长。

2.3 不同温、湿度条件下的繁殖情况及繁殖力模型

表 6 列举出在 5 种温度与 3 种相对湿度范围组合情况下，平均每头雌虫的产卵量。

方差分析表明，温度和相对湿度对雌成虫的平均产卵量的影响均极显著。新复极差测验表明，83.8%～ 85.0%RH 的平均产卵量与 75.5%～ 76.0 % RH 的平均产卵量之间无显著差异，而它们与 51.3%～ 55.0% RH 之间有极显著的差异。从表 6 可以看到，在同种温度下，相对湿度越大，产卵量越高。相对湿度为 75.5%～ 76.0% RH 和 83.8%～ 85.0% RH 时产卵最适，51.3%～ 55.0% RH 时产卵量显著降低。20.3 ℃ 时产卵较少，温度升至 23.9 ℃ 时产卵激增，23.9 ℃～ 32.2 ℃ 时，产卵量增加缓慢，但超过 32.2 ℃ 产卵量反而降低。总的看来，24 ℃～ 32 ℃、76%～ 85% RH 为比较适宜的产卵温、湿度范围。

前已述及，20 ℃ 时产卵量很少，由此可以推测此虫主要发生于夏秋季，在春季虫量发展缓慢。

在不同相对湿度条件下，将温度与平均产卵量关系进行理论曲线拟合，均以 S 型曲线为好。

83.8%～ 85.0% RH　$\hat{y}=1/(0.0122+6783050\exp(-x))$　($x^2=4.0074$, $P>0.05$)

75.5%～ 76.0% RH　$\hat{y}=1/(0.0125+7797518\exp(-x))$　($x^2=8.3221$, $P>0.05$)

51.3% ~ 55.0% RH　　$\hat{y}=1/(0.0203+101535000\exp(-x))$　($x^2=4.2516$, $P>0.05$)

以上三条曲线的 F 值大于 $F_{0.01}$ 或 $F_{0.05}$，故上面三条 S 型曲线回归关系显著。χ^2 检验表明，S 型曲线的理论值与实际值显著符合。

表 6　烟草甲每头雌成虫产卵量(粒)

	20.3 ℃	23.9 ℃	27.7 ℃	32.2 ℃	33.7 ℃	各相对湿度产卵量平均数	差异显著性 0.05	差异显著性 0.01
83.8% ~85.0%RH	44.40±24.19	75.20±23.90	90.10±22.38	91.98±5.25	72.46±14.68	74.83	*a*	*A*
75.5% ~76.0%RH	40.94±33.27	83.66±16.54	83.77±13.47	96.88±15.44	61.83±11.08	73.42	*a*	*A*
51.3% ~55.0%RH	5.71±6.90	46.17±16.31	58.41±14.56	41.88±7.50	43.70±10.69	39.18	*b*	*B*
r	0.9790	0.8762	0.9954	0.9335	0.9961			

注：作温、湿度因素双向方差分析，温度效应：$F=20.013$，$P<0.01$，湿度效应：$F=36.057$，$P<0.01$

3　讨论

在鞘翅目窃蠹科中，药材甲(*Stegobium paniceum* (L.))是烟草甲的近似种，两个种外形极为相似，易被混淆。药材甲对药材、面包、面粉为害较多，在酒厂酒曲仓库及药材仓库内多见，而不为害烟草。Azab (1943)、Kashef(1954)、Lefkoritch (1967) 及顾忠盈(1993)曾对药材甲进行了研究。药材甲发育温度范围较广，为 12 ℃ ~ 34 ℃，最适温度较烟草甲要低，范围为 26 ℃ ~ 30 ℃。60% ~ 95%RH 为适宜相对湿度范围。世代历期偏长，为 58 ~ 229 d。在 76% RH 时，有效积温为 1010.6 日度。26 ℃ 时各虫态及世代存活率最大。24 ℃ 时产卵量最大。本实验及同时进行的烟草甲生命表研究得出了烟草甲的发育温度范围为 14 ℃ ~ 36 ℃，有效积温为 717 ~ 758 日度，最适温、湿度范围为 30 ℃ ~ 34 ℃、70 ~ 85% RH，世代历期为 35 ~ 128 d，低于 51% RH 的低湿和高于 36 ℃ 的高温对存活有不良影响，28 ℃ ~ 32 ℃ 产卵量最大。由以上分析可知，烟草甲是适生于高温、高湿环境的种类，增殖较快，而药材甲是适生于中温、高湿环境的种类，增殖较慢，生活周期长。

本文除对烟草甲实验种群在生长发育、存活和繁殖方面的基本参数进行测定外，还讨论了温、湿度对它们的影响，并在此基础上分别作出了在不同温、湿度条件下的理论模型，这些也为今后烟草甲种群系统管理模型研究提供了理论依据。

致谢　耿济国教授给本研究以大力支持，特此致谢

参　考　文　献

1 Howe R W. A laboratory study of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Col., Anobiidae) with a critical review of the literature on its biology. Bull. Ent. Res., 1957, 48: 9 ~ 56

2 Niiho C. Ecological study of the tobacco beetle, *Lasioderma serricorne* 2. Growth of tobacco beetles fed on

bread crumbs. Jpn. J. Appl. Ent. Zool., 1984, 28(4): 209 ~ 216

3 胡培益，马淑健. 烟草甲虫初步研究. 中国烟草，1984, 3: 23 ~ 24

4 李典谟，王莽莽. 快速估计发育起点及有效积温法的研究. 昆虫知识，1986, 23(4): 184 ~ 187

5 王如松，兰仲雄，丁岩钦. 昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究. 生态学报，1982, 2(1): 47 ~ 56

6 张文军，汪世泽，袁志发. 单纯形算法求解非线性方程参数及拟合检验. 西北农业大学学报，1989, 17(66): 51 ~ 56

7 Pinder J E., Wiener J G, Smith M H. The Weibull distribution: a new method of summarizing survivorship data. Ecology, 1978, 59 (1): 175 ~ 179

AN ECOLOGICAL STUDY ON THE LABORATORY POPULATION OF CIGARETTE BEETLE, *LASIODERMA SERRICORNE* (F.) (COLEOPTERA: ANOBIIDAE)

Zhang Xiaoxi   Wang Mingjie

(*Nanjing Agricultural University Nanjing* 210095)

Abstract An ecological study on the laboratory population of cigarette beetle, *Lasioderma serricorne*, was carried out under the treatment combination of six levels of temperature (20.3 ℃, 23.9 ℃, 27.7 ℃, 32.2 ℃, 33.7 ℃, 35.9 ℃) and three levels of relative humidities (51.3% ~ 55.0% RH, 75.5% ~ 76.0% RH, 83.8% ~ 85.0% RH). parameters for development, survival and fecundity of cigarette beetle laboratory population were obtained by means of statistics analysis in various rearing experiments. The temperature range for development is 14 ℃ ~ 36 ℃, the most optimal temperature and relative humidity are 30 ℃ ~ 34 ℃, 70% ~ 85% RH, the generation duration is 35 ~ 128 days, the total effective temperature is 718 ~ 758 day-degree, and the average numbers of eggs laid by females are 6 ~ 97. The temperature higher than 36 ℃ and relative humidity less than 51% have adverse influence on survival. Finally, the theoretical models for growth duration, development speed, survival rate, fecundity were constructed.

Key words *Lasioderma serricorne* (F.), development duration, total effective temperature, average numbers of eggs laid by females, survival rate, theoretical models